



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 48 913 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 04 B 1/40
H 03 L 7/099
H 03 L 7/08
G 08 C 17/02
// H04Q 7/20

②1 Aktenzeichen: 197 48 913.3
②2 Anmeldetag: 5. 11. 97
④3 Offenlegungstag: 20. 8. 98

DE 197 48 913 A 1

③0 Unionspriorität:
08/800,311 14. 02. 97 US

⑦1 Anmelder:
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US

⑦4 Vertreter:
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 81479
München

⑦2 Erfinder:
Scherer, Dieter, Palo Alto, Calif., US; Grisell,
Thomas L., Palo Alto, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Kostengünstiger phasenstarrer Lokaloszillator für Millimeterwellen-Sende-Empfangs-Vorrichtungen

⑤7 Ein LMDS-System umfaßt eine Basisstation, Teilnehmereinheiten und Teilnehmermodems. Die Teilnehmereinheiten koppeln modulierte Signale zwischen den Basisstationen und den Teilnehmermodems und setzen dieselben frequenzmäßig um. Die Frequenzumsetzung erfordert einen Zwischensendeoszillator und einen Lokaloszillator. Der Zwischensendeoszillator kann jedoch ferner verwendet werden, um ein Lokaloszillatorsignal in jeder Teilnehmereinheit nach unten zu einer niedrigeren Frequenz umzusetzen, welche es ermöglicht, daß ein kostengünstiger PLL-Chip verwendet wird, um den Lokaloszillator in jeder Teilnehmereinheit mit einer Referenzquelle phasenzuverriegeln. Ein Pilotton kann in die modulierten Signale eingekoppelt werden, die von der Basisstation zu den Teilnehmereinheiten übertragen werden. Der Pilotton kann in den Lokaloszillator-Phasenregelkreis in jeder Teilnehmereinheit aufgenommen werden, um die Auswirkungen der Signalübertragung auf das Phasenrauschen der modulierten Signale zu reduzieren. Außerdem können die Dualpilottöne in das modulierte Signal eingekoppelt werden, die von der Basisstation zu den Teilnehmereinheiten übertragen werden. Die Dualpilottöne können verwendet werden, um ein Referenzsignal in jeder Teilnehmereinheit zu erzeugen.

DE 197 48 913 A 1

Beschreibung

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Sende-Empfangs-Vorrichtung in einer Teilnehmereinheit eines LMDS-Systems (LMDS- Local Multipoint Distribution Service = lokaler Mehrpunktverteildienst). Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum unaufwendigen Phasenverriegeln eines Lokaloszillators in der Sende-Empfangs-Vorrichtung einer Teilnehmereinheit bezüglich eines stabilen Niederfrequenzreferenzoszillators.

Ein lokaler Mehrpunktverteildienst (LMDS) ist ein drahtloses Informationszugriffssystem. Drahtlose Informationssysteme sind häufig wenig aufwendig und können schneller als verdrahtete Systeme implementiert werden, da ein drahtloses System eine geringere Infrastruktur erfordert.

Ein LMDS-System weist eine mikrozellulare Konfiguration auf, die eine große Anzahl von Zellen umfaßt, wobei die Fläche einer Zelle etwa 0,5 km² bis etwa 2 km² betragen kann. Jede Zelle enthält eine Basisstation, die viele Teilnehmereinheiten bedient. Um ein LMDS-System zu unterstützen, sind eine große Anzahl von Teilnehmereinheiten erforderlich. Die Teilnehmereinheiten werden an Endverbraucher verkauft und müssen einfach und unaufwendig hergestellt sein, während ein annehmbares Leistungsniveau beibehalten wird.

Fig. 1 zeigt eine Sende-Empfangs-Vorrichtung 2 einer Basisstation und eine Sende-Empfangs-Vorrichtung 4 einer Teilnehmereinheit. Im allgemeinen umfaßt die Basisstation 2 einen Basislokaloszillator 6, welcher ein Basislokaloszillatorsignal zu einem ersten Eingang eines ersten Basismischers 8 liefert. Ein modulierte Sendesignal ist mit einem zweiten Eingang des ersten Basismischers 8 gekoppelt. Der erste Basismischer 8 mischt das modulierte Sendesignal mit dem Basislokaloszillatorsignal, wodurch das modulierte Sendesignal frequenzmäßig nach oben umgesetzt wird. Das frequenzmäßig nach oben umgesetzte modulierte Signal wird über eine erste Basisantenne 10 zu den Teilnehmereinheiten übertragen. Die Teilnehmereinheit 4 empfängt das modulierte Signal von der Basisstation 2 über eine erste Teilnehmerantenne 12. Die Teilnehmereinheit umfaßt einen Teilnehmerlokaloszillator 14, der mit einem ersten Teilnehmersmischer 16 gekoppelt ist, um das empfangene modulierte Signal frequenzmäßig nach unten umzusetzen. Das frequenzmäßig nach unten umgesetzte modulierte Signal kann daraufhin demoduliert werden.

Ferner werden modulierte Signale von der Teilnehmereinheit 4 zu der Basisstation 2 übertragen. Der Lokaloszillator 14 der Teilnehmereinheit ist mit einem zweiten Teilnehmersmischer 18 gekoppelt, um ein modulierte Teilnehmersignal für eine Übertragung über eine zweite Teilnehmerantenne 20 zu der Basisstation 2 frequenzmäßig nach oben umzusetzen. Die Basisstation 2 empfängt das modulierte Teilnehmersignal von der Teilnehmereinheit 4 über eine zweite Basisantenne 22. Der Basislokaloszillator 6 ist ferner mit einem zweiten Basismischer 24 gekoppelt, um das empfangene modulierte Teilnehmersignale frequenzmäßig nach unten umzusetzen. Das frequenzmäßig nach unten umgesetzte modulierte Signal kann daraufhin demoduliert werden.

Die Teilnehmereinheit 4 empfängt ein digital modulierte Hochfrequenzsignal (27,5–28,35 GHz) von der Basisstation 2. Die Teilnehmereinheit setzt das empfangene Hochfrequenzsignal in ein Zwischenfrequenzsignal (950–1.800 MHz) frequenzmäßig nach unten um, das ein Teilnehmermodem demodulieren kann.

Die Teilnehmereinheit 4 empfängt außerdem ein digital modulierte Niederfrequenzsignal (400–700 MHz) von dem Teilnehmermodem. Die Teilnehmereinheit 4 setzt das mo-

dulierte Niederfrequenzsignal in eine Übertragungsfrequenz (31–31,3 GHz) frequenzmäßig nach oben um.

Die Integrität der empfangenen und gesendeten Signale kann durch Frequenzinstabilitäten und das Phasenrauschen der Lokaloszillatorsignale beeinträchtigt werden. Die frequenzmäßige Umsetzung der modulierten Signale nach oben und unten bewirkt, daß die modulierten Signale mit dem Rauschen und den Frequenzinstabilitäten der Lokaloszillatorsignale beaufschlagt werden. Für ein optimales Verhalten müssen die Auswirkungen des Rauschens und der Frequenzinstabilität der Lokaloszillatorsignale minimiert werden. Typischerweise ist der Oszillator, der das Lokaloszillatorsignal erzeugt, ein dielektrischer Resonanzoszillator (DRO).

Die Frequenzstabilität und das Phasenrauschen der Lokaloszillatoren kann verbessert werden, indem die Lokaloszillatoren mit stabilen Niederfrequenz-Referenzsignalen phasenverriegelt werden. Eine Phasenverriegelung der Lokaloszillatoren kann komplex und aufwendig sein, da die Lokaloszillatoren bei sehr hohen Frequenzen arbeiten müssen.

Die modulierten Signale können ferner während der Übertragung der modulierten Signale zwischen der Basisstation und der Teilnehmereinheit mit einem Phasenrauschen und Frequenzstörungen beaufschlagt werden. Diese Störungen können auftreten, wenn die gesendeten Signale mehreren Übertragungswegen folgen, die zwischen der Basisstation und der Teilnehmereinheit zeitvariable Wegstrecken aufweisen. Die Störungen werden verschlimmert, falls die Mehrfachwege aufgrund der Bewegung von Oberflächen, wie beispielsweise der Blätter eines Baumes, eine Streuung der gesendeten Signale aufweisen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein LMDS-System zu schaffen, bei dem die Übertragung von modulierten Signalen zwischen einer Basisstation und einer Teilnehmereinheit gegenüber äußeren Einflüssen störungsunanfällig ist, wobei in dem LMDS-System ein Lokaloszillator vorgesehen ist, der mit einem stabilen Niederfrequenzsignal phasenverriegelt ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch eine LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, 4 und 7 und durch ein LMDS-System gemäß Anspruch 9 gelöst.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Vorrichtung zur Phasenverriegelung des Lokaloszillators mit dem Referenzsignal wenig aufwendig ist und eine minimale Anzahl von elektronischen Baugruppen erfordert.

Ferner besteht ein Vorteil der vorliegenden Erfindung darin, daß das Referenzsignal die Phasenstörungen kompensieren kann, die während der Übertragung der modulierten Signale zwischen der Basisstation und der Teilnehmereinheit auftreten können.

Die vorliegende Erfindung umfaßt eine wenig aufwendige Vorrichtung und ein wenig unaufwendiges Verfahren zur Phasenverriegelung eines Lokaloszillators in einer LMDS-Teilnehmereinheit mit einem stabilen Niederfrequenz-Referenzsignal. Das LMDS-System umfaßt ferner eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Kompensieren der Phasenstörungen, mit denen modulierte Signale beaufschlagt werden, die zwischen der Basisstation und den Teilnehmereinheiten in dem LMDS-System übertragen werden.

Ein erstes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung umfaßt eine LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung. Die Sende-Empfangs-Vorrichtung umfaßt einen Sende-Empfangs-Oszillator und einen Empfangsmischer. Der Sende-Empfangs-Oszillator erzeugt ein Sende-Empfangs-Treibersignal. Der Empfangsmischer mischt ein empfangenes modulierte Signal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treiber-

signals, um ein Zwischenfrequenzempfangssignal zu erzeugen. Ein Demodulator ist mit der Sende-Empfangs-Vorrichtung zum Demodulieren des empfangenen Zwischensignals verbunden. Die Sende-Empfangs-Vorrichtung umfaßt ferner einen Zwischensendeoszillator, einen Zwischensendemischer und einen Abschlußendemischer. Der Zwischensendeoszillator erzeugt ein Zwischensendeoszillatorsignal. Der Zwischensendemischer mischt ein modulierte Sendesignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals, um ein Zwischensendesignal zu erzeugen. Der Abschlußendemischer mischt das Zwischensendesignal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treibersignals, um ein Ausgangssendesignal zu erzeugen. Der Zwischensendeoszillator ist mit einem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal, das von einer Referenzquelle erzeugt wird, phasenverriegelt. Um den Sende-Empfangs-Oszillator mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenzuverriegeln, umfaßt dieses Ausführungsbeispiel ferner ein Sende-Empfangs-Treibermischerfrequenzsignal, das das Sende-Empfangs-Treibersignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Zwischenphasenerfassungssignal zu erzeugen. Schließlich empfängt ein PLL-Chip (PLL = phased locked loop = Phasenregelkreis) das Zwischenphasenerfassungssignal und das stabile Niederfrequenzreferenzsignal, wobei der PLL-Chip den Sende-Empfangs-Oszillator mit der Referenzquelle phasenverriegelt. Der Zwischensendeoszillator ist für eine akzeptable frequenzmäßige Aufwärtsumsetzung des modulierten Sendesignals erforderlich. Dadurch wird eine angemessene Filterung des Sendesignals ermöglicht. Dieses Ausführungsbeispiel verwendet den Zwischensendeoszillator, um das Sende-Empfangs-Oszillatorsignal frequenzmäßig nach unten umzusetzen. Die frequenzmäßige Abwärtsumsetzung ermöglicht es, daß ein unaufwendiger PLL-Chip verwendet wird, um für den Sende-Empfangs-Oszillator eine Phasenverriegelung vorzusehen.

Ein zweites Ausführungsbeispiel dieser Erfindung ist zu dem ersten Ausführungsbeispiel ähnlich, mit der Ausnahme, daß das Zwischenphasenerfassungssignal und das Sende-Empfangs-Treibersignal unterschiedlich zu dem ersten Ausführungsbeispiel erzeugt werden. Der Sende-Empfangs-Oszillator erzeugt ein Sende-Empfangs-Oszillatorsignal. Der Sende-Empfangs-Treibermischer mischt das Sende-Empfangs-Oszillatorsignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals, um ein Sende-Empfangs-Treibersignal und ein Zwischenphasenerfassungssignal zu erzeugen. Entsprechend zu dem ersten Ausführungsbeispiel empfängt ein PLL-Chip das Zwischenphasenerfassungssignal und das stabile Niederfrequenzreferenzsignal, wobei der PLL-Chip den Sende-Empfangs-Oszillator mit der Referenzquelle phasenverriegelt.

Ein drittes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung ist zu dem ersten Ausführungsbeispiel ähnlich. Das Sende-Empfangs-Treibersignal wird jedoch erzeugt, indem eine Harmonische eines ersten Zwischensendeoszillatorsignals, das mittels des Zwischensendeoszillators erzeugt wird, mit einer Harmonischen eines zweiten Zwischensendeoszillatorsignals gemischt wird, das mittels eines Zwischenfrequenzoszillators erzeugt wird. Sowohl der Zwischensendeoszillator als auch der Zwischenfrequenzoszillator sind mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenverriegelt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist weder der Sende-Empfangs-Oszillator noch der PLL-Chip erforderlich.

Ein viertes Ausführungsbeispiel dieser Erfindung umfaßt ein LMDS-System. Das LMDS-System umfaßt einen Basisstationssender und eine Teilnehmereinheit. Der Basisstationssender umfaßt eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines modulierten Signals. Die Basisstation umfaßt ferner

einen ersten Referenzoszillator, der ein erstes Referenzsignal erzeugt, und eine Schaltungsanordnung zum Einkoppeln von Dualpilottönen in das modulierte Signal, wobei die Dualpilottöne jeweils mit dem ersten Referenzsignal phasenverriegelt sind und die Phasendifferenz zwischen den Dualpilottönen ein Vielfaches oder einen Bruchteil der Frequenz des ersten Referenzsignals ist. Die Teilnehmereinheit umfaßt einen Lokaloszillator, der ein Lokaloszillatorsignal erzeugt, und einen Mischer zum Mischen des Lokaloszillatorsignals mit dem modulierten Signal, wodurch ein modulierte Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird. Ein Referenzfilter filtert das modulierte Zwischenfrequenzsignal, um ein Zwischenreferenzsignal zu erzeugen, wobei das Zwischenreferenzsignal die Dualpilottöne umfaßt. Die Teilnehmereinheit umfaßt eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen eines zweiten Referenzsignals, indem der Frequenzunterschied zwischen den Dualpilottönen erfaßt wird. Ein PLL-Chip erzeugt ein Fehlersignal, das zu der Phasendifferenz zwischen einem der Pilottöne in dem Zwischenreferenzsignal und dem zweiten Referenzsignal proportional ist, und stimmt die Frequenz des Lokaloszillators ab, um das Fehlersignal zu minimieren.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines LMDS-Systems gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 3 ein Blockdiagramm eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 4 ein Blockdiagramm eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 5 ein LMDS-Blockdiagramm, das ein Einzelpilottonreferenzsignal zeigt, das in das von der Basisstation gesendete Signal aufgenommen ist.;

Fig. 6 ein LMDS-Blockdiagramm, das ein Dualpilottonreferenzsignal zeigt, das in das von der Basisstation gesendete Signal aufgenommen ist.

Wie es in den Zeichnungen aus Darstellungszwecken gezeigt ist, ist die Erfindung als kostengünstige LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung ausgeführt, welche eine Phasenverriegelung eines dielektrischen Resonanzoszillators (DRO) mit einem stabilen Niederfrequenzreferenzoszillatorsignals liefert. Der DRO wird als Lokaloszillator verwendet, um modulierte zu übertragende Signale frequenzmäßig aufwärtsumzusetzen und um empfangene zu demodulierende Signale frequenzmäßig abwärtsumzusetzen. Das Niederfrequenzreferenzoszillatorsignal kann in ein modulierte Signal, das von einer LMDS-Basisstation zu einer LMDS-Teilnehmereinheit übertragen wird, als Einzel- oder Dualpilotton eingekoppelt werden.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer LMDS-Teilnehmer-Sende-Empfangs-Einheit dieser Erfindung. Die LMDS-Teilnehmer-Sende-Empfangs-Vorrichtung umfaßt eine Empfangsantenne 112 und eine Sendeantenne 120. Die Empfangsantenne 112 koppelt ein modulierte Signal, das von einer LMDS-Basisstation gesendet wird, mit der LMDS-Teilnehmereinheit. Das empfangene modulierte Signal ist mit einem HF-Eingang (HF = Hochfrequenz) eines Empfangsmischers 30 gekoppelt. Ein Sende-Empfangs-Oszillator 32 erzeugt ein Sende-Empfangs-Treibersignal, welches mit einem LO-Eingang (LO = Lokaloszillator) des Empfangsmischers 30 gekoppelt ist. Der Empfangsmischer 30 mischt das empfangene modulierte Signal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treibersignals, wodurch ein ZF-Empfangssignal (ZF = Zwischenfrequenz) erzeugt wird. Das ZF-Empfangssignal enthält die Informationen, die

auf das empfangene modulierte Signal aufmoduliert sind, jedoch bei einer viel niedrigeren Trägerfrequenz. Das ZF-Empfangssignal ist über einen Duplexer 36 mit einem Teilnehmermodem 37 gekoppelt. Das Teilnehmermodem 37 demoduliert die modulierten Informationen des ZF-Empfangssignals.

Die Frequenz des modulierten Signals, das von der Basisstation zu der Teilnehmereinheit übertragen wird, ist durch die Übertragungsfrequenzzuordnungen spezifiziert, die durch die Federal Communications Commission (FCC; FCC = Federal Communications Commission = Fernmeldebehörde der USA) festgesetzt sind. Für einen LMDS hat die FCC die Übertragungsfrequenz auf etwa 27,5–28,35 GHz festgesetzt. Das Teilnehmermodem 37 ist im allgemeinen eine Kopfstelle ("top box"), die zu der ähnlich ist, die für ein digitales Satellitensystem (DDS) verwendet wird. Die Kopfstelle macht es erforderlich, daß sich das ZF-Ausgangssignal zwischen 950 und 1.800 MegaHertz (MHz) befindet. Das Ausführungsbeispiel der in Fig. 2 gezeigten Erfindung umfaßt einen Mal-3-Frequenzmultiplizierer 39 zwischen dem Sende-Empfangsoszillator 32 und dem Empfangsmischer 30. Das LO-Eingangssignal des Mixers sollte sich etwa bei 26,55 GHz befinden. Folglich muß sich das Sende-Empfangs-Treibersignal, das den Mal-3-Multiplizierer 39 treibt, bei einer Frequenz von etwa 8,85 GHz befinden.

Die LMDS-Teilnehmer-Sende-Empfangs-Vorrichtung sendet ferner modulierte Signale zu der LMDS-Basisstation. Der Duplexer 36 empfängt ein moduliertes Signal von dem Teilnehmermodem 37. Die Frequenz des modulierten Signals basiert auf einem Standard, der von dem Digital-Audio-Video-Komitee (DAVIC; DAVID = digital audio video council) entwickelt wurde. Das DAVID hat den Frequenzbereich des modulierten Signals auf einen Bereich zwischen 400–700 MHz festgesetzt. Das modulierte Signal ist mit einem Zwischensendemischer 34 gekoppelt. Der Zwischensendemischer 34 mischt das modulierte Signal mit einer Harmonischen eines Zwischensendeoszillatorsignals, das von einem Zwischensendeoszillator 38 erzeugt wird. Der Mischprozeß des Zwischenumsetzungsmixers 34 erzeugt ein Zwischensendesignal. Das Zwischensendesignal ist mit einem Abschlußendemischer 40 gekoppelt. Der Abschlußendemischer 40 setzt das Zwischensendesignal frequenzmäßig nach oben um, indem das Zwischensendesignal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treibersignals gemischt wird, um ein Ausgangssendesignal zu erhalten. Das Ausgangssendesignal ist über die Sendeantenne 120 mit der Basisstation gekoppelt.

Die Frequenz der Signale, die von der Teilnehmereinheit zu der Basisstation übertragen werden, ist durch die FCC auf einen Bereich zwischen 31,0–31,3 GHz spezifiziert. Wie es im vorhergehenden beschrieben wurde, muß das Sende-Empfangs-Treibersignal etwa 8,85 GHz betragen, wobei sich das modulierte Signal zwischen 400 und 700 MHz befinden muß. Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel umfaßt einen zweiten Mal-3-Multiplizierer 41, der zwischen dem Sende-Empfangs-Oszillator 32 und dem Abschlußendemischer 40 angeordnet ist. Folglich muß sich das Zwischensendesignal zwischen 4,45–4,75 GHz befinden. Alternativ ist der Ausgang des Mal-3-Multiplizierers 39 mit dem Abschlußendemischer 40 verbunden. Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel umfaßt ferner einen ersten Frequenzmultiplizierer 45, der zwischen dem Zwischensendeoszillator 38 und dem Zwischensendemischer 34 geschaltet ist. Folglich muß das Zwischensendesignal etwa 2,025 MHz betragen.

Der Zwischensendeoszillator 38 ist mit einem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal, das mittels einer stabilen

Quelle 42 erzeugt wird, phasenverriegelt. Es sind handelsüblich erhältliche phasenstarre Oszillatoren verfügbar, die bei der Frequenz von 2,025 MHz arbeiten können. Beispielsweise arbeitet der phasenstarre Oszillator des Typs Varil SPL-442 bei einer Frequenz von 2,025 MHz.

Für ein optimales Verhalten muß der Sende-Empfangs-Oszillator 32 mit dem stabilen Referenzsignal phasenverriegelt sein. Integrierte Schaltungen zum Phasenverriegeln von Oszillatoren sind handelsüblich erhältlich. Diese integrierten Schaltungen arbeiten jedoch nicht bei so hohen Frequenzen wie die Frequenzkomponenten des Sende-Empfangs-Treibersignals. Folglich muß das Sende-Empfangs-Treibersignal frequenzmäßig heruntergeteilt oder nach unten umgesetzt werden, um zu ermöglichen, daß der Sende-Empfangs-Oszillator 32 unter Verwendung eines unaufwendigen PLL-Chips mit der Referenzquelle 42 phasenverriegelt wird.

Ein Sende-Empfangs-Treibermischer 44 mischt das Sende-Empfangs-Treibersignal, das von dem Sende-Empfangs-Oszillator 32 erzeugt wird, mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals, das von dem Zwischensendeoszillator 38 erzeugt wird, wodurch ein Zwischenphasenerfassungssignal erzeugt wird. Für das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel ist der Sende-Empfangs-Treibermischer 44 ein harmonischer Mischer (Oberwellenmischer), bei dem eine ungeradzahlige Harmonische des Zwischensendeoszillatorsignals mit dem Sende-Empfangs-Treibersignal gemischt wird. Typischerweise wird die dritte oder die fünfte Harmonische des Zwischensendesignals mit dem Sende-Empfangs-Treibersignal gemischt. Das Mischen des Sende-Empfangs-Treibersignals mit der fünften Harmonischen erzeugt ein Zwischenphasenerfassungssignal mit folgender Frequenz:

$$(5) \cdot (2,025 \text{ GHz}) \cdot (8,85 \text{ GHz}) = 1,275 \text{ GHz}.$$

Das Zwischenphasenerfassungssignal ist mit einem Filter 46 gekoppelt, welches das Zwischenphasenerfassungssignal filtert.

Alternativ ist der Sende-Empfangs-Treibermischer 44 kein harmonischer Mischer, wobei das Zwischensendesignal frequenzmäßig vervierfacht wird, bevor dasselbe mit dem Sende-Empfangs-Treibermischer 44 gekoppelt wird. Eine frequenzmäßige Vervierfachung des Zwischensendesignals kann implementiert werden, indem ein Frequenzverdoppler von dem Ausgang des ersten Frequenzmultiplizierers 44 mit dem Sende-Empfangs-Treibermischer 44 verbunden wird. Das Mischen des Sende-Empfangs-Treibersignals mit dem Vierfachen der Frequenz des Zwischensendesignals erzeugt ein Zwischenphasenerfassungssignal mit folgender Frequenz:

$$(8,85 \text{ GHz}) - (2 \cdot (2 \cdot (2,025 \text{ GHz}))) = 0,750 \text{ GHz}.$$

Das Zwischenphasenerfassungssignal wird erneut mit dem Filter 46 gekoppelt, welches das Zwischenphasenerfassungssignal filtert.

Ein integrierter PLL-Schaltungschip 48 empfängt das Zwischenphasenerfassungssignal. Der PLL-Chip 48 empfängt ferner das stabile Niederfrequenzreferenzsignal. Der PLL-Chip 48 teilt die Frequenz des Zwischenphasenerfassungssignals auf dieselbe Frequenz wie die des stabilen Niederfrequenzreferenzsignals herunter. Der PLL-Chip 48 erzeugt ein Fehlersignal, das die Phasendifferenz zwischen der Phase des frequenzgeteilten Zwischenphasenerfassungssignals und der Phase des stabilen Niederfrequenzreferenzsignals darstellt. Das Fehlersignal ist mit dem Sende-Empfangs-Oszillator 32 gekoppelt, das den Sende-Empfangs-Oszillator 32 abstimmt, um das Fehlersignal zu minimieren.

Daraus ergibt sich, daß das Fehlersignal, das von dem PLL-Chip 48 erzeugt wird, den Sende-Empfangs-Oszillator 32 frequenzmäßig nach oben oder unten abstimmt, um die Phasendifferenz zwischen dem Zwischenphasenerfassungssignal und dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal zu minimieren. Folglich ist der Sende-Empfangs-Oszillator 32 mit der stabilen Quelle 42 phasenverriegelt.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer LMDS-Teilnehmer-Sende-Empfangs-Vorrichtung dieser Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel umfaßt eine weitere Konfiguration zur Phasenverriegelung des Sende-Empfangs-Oszillators 32.

Der Sende-Empfangs-Oszillator 32 erzeugt ein Sende-Empfangs-Oszillatorsignal, welches mit dem Sende-Empfangs-Treibermischer 44 gekoppelt ist. Der Sende-Empfangs-Treibermischer 44 mischt das Ausgangssignal eines Frequenzmultiplizierers 45 mit dem Sende-Empfangs-Oszillatorsignal, wodurch das Sende-Empfangs-Treibersignal und das Zwischenphasenerfassungssignal erzeugt werden. Ein erstes Bandpaßfilter 53 läßt das Sende-Empfangs-Treibersignal durch. Ein zweites Filter 54 läßt das Zwischenphasenerfassungssignal durch. Der PLL-Chip 48 stimmt die Frequenz des Sende-Empfangs-Oszillators 32 ab, um den Sende-Empfangs-Oszillator mit der stabilen Quelle 42 phasenzuverriegeln.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel arbeitet der Sende-Empfangs-Oszillator 32 bei einer Frequenz von 4,8 GHz. Der Zwischensendeoszillator arbeitet bei einer Frequenz von 2.025 MHz. Das Sende-Empfangs-Treibersignal an dem Ausgang des ersten Bandpaßfilters 53 weist eine Frequenz von 8,85 GHz auf. Das Zwischenphasenerfassungssignal an dem Ausgang des zweiten Filters weist eine Frequenz von 750 MHz auf. Das Zwischenphasenerfassungssignal ist bezüglich der Frequenz niedrig genug, damit der PLL-Chip 48 verwendet werden kann, um den Sende-Empfangs-Oszillator 32 phasenzuverriegeln.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel umfaßt einen zweiten Frequenzmultiplizierer 58 und einen Zwischenfrequenzoszillator 56. Der Zwischenfrequenzoszillator 56 ist mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal, das von der Referenzquelle 42 erzeugt wird, phasenverriegelt. Wie der Zwischensendeoszillator 38 ist auch der Zwischenfrequenzoszillator 56 handelsüblich verfügbar. Beispielsweise kann der phasenstarre Oszillator des Typs VariL SPL-443 bei einer Frequenz von 2.400 MHz arbeiten. Der Zwischenfrequenzoszillator 56 erzeugt ein zweites Zwischensendeoszillatorsignal. Die Frequenz des zweiten Zwischensignals wird mittels des zweiten Frequenzmultiplizierers 58 verdoppelt. Die Ausgangssignale des ersten Frequenzmultiplizierers 45 und des zweiten Frequenzmultiplizierers 58 sind mit dem Sende-Empfangs-Treibermischer 44 gekoppelt. Der Sende-Empfangs-Treibermischer 44 summiert die Frequenz des Signals an dem Ausgang des ersten Frequenzmultiplizierers 45 mit der Frequenz des Signals an dem Ausgang des zweiten Frequenzmultiplizierers 58, wodurch das Sende-Empfangs-Treibersignal erzeugt wird.

Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel der Erfindung umfaßt den Zwischensendeoszillator 38, der bei einer Frequenz von 2.025 MHz arbeitet, und den Zwischenfrequenzoszillator 56, der bei einer Frequenz von 2.400 MHz arbeitet. Sowohl der Zwischensendeoszillator 38 als auch der Zwischenfrequenzoszillator 56 sind mit der Referenzquelle 42 phasenverriegelt.

Die Signale, die zwischen der Basisstation und den Teilnehmereinheiten übertragen werden, sind modulierte Signale, welche mit den Informationen codiert sind, die zwischen der Basisstation und den Teilnehmereinheiten transfe-

riert werden. Viele Typen von komplexen Modulationsformaten erfordern stabile Trägersignale, um die modulierten Signale mit minimalen Fehlern modulieren können. Typischerweise werden stabile Trägersignale durch eine Phasenverriegelung der Lokaloszillatoren der Sende-Empfangs-Vorrichtungen mit einem temperaturkompensierten Quarzoszillator erhalten. Temperaturkompensierte Quarzoszillatoren mit einer Frequenzstabilität von weniger als fünf Teilen pro einer Million über einem anwendbaren Temperaturbereich sind jedoch sehr aufwendig.

Wie es im vorhergehenden erwähnt wurde, wird das Phasenrauschen der Lokaloszillatoren in die modulierten Signale übertragen, wenn die modulierten Signale frequenzmäßig nach oben oder unten umgesetzt werden. Außerdem wird während der Übertragung der modulierten Signale ein Phasenrauschen zu dem modulierten Signal hinzugefügt.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel umfaßt einen zweiten Niederfrequenzreferenzoszillator 64, der in der Sende-Empfangs-Vorrichtung 2 der Basisstation angeordnet ist. Die Sende-Empfangs-Vorrichtung 2 der Basisstation umfaßt ferner einen Pilotsignalgenerator 62. Der Pilotsignalgenerator 62 erzeugt ein Pilotsignal, das mit dem Referenzsignal phasenverriegelt ist, das durch den zweiten Niederfrequenzreferenzoszillator 64 erzeugt wird. Das Pilotsignal wird in der Basisstation 2 in das modulierte Signal eingekoppelt, bevor das modulierte Signal frequenzmäßig aufwärts gemischt und zu der Teilnehmereinheit übertragen wird.

Die Teilnehmereinheit 4 empfängt das modulierte Signal und das Pilotsignal von der Basisstation 2. Die Teilnehmereinheit 2 umfaßt einen Empfangsmischer 66 und einen Lokaloszillator 68. Das modulierte Signal und das Pilotsignal werden frequenzmäßig abwärts gemischt, indem das modulierte Signal und das Pilotsignal mit einem Lokaloszillatorsignal gemischt werden, wodurch ein moduliertes Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird. Ein Bandpaßfilter 70 ist mit dem Ausgang des Empfangsmischers 66 gekoppelt und filtert das modulierte Zwischenfrequenzsignal. Der Durchlaßbereich des Bandpaßfilters 70 ist bei der Frequenz des Pilotsignals zentriert. Der PLL-Chip 48 erzeugt ein Fehlersignal, das zu der Phasendifferenz zwischen dem Pilotsignal und dem Referenzoszillator 42 proportional ist. Das Fehlersignal stimmt den Lokaloszillator 66 ab, um das Fehlersignal zu minimieren.

Wie es im vorhergehenden erwähnt wurde, kann das modulierte Signal während der Übertragung des modulierten Signals von der Basisstation zu den Teilnehmereinheiten mit Phasenstörungen beaufschlagt werden. Das Pilotsignal wird mit dem modulierten Signal übertragen. Folglich wird das Pilotsignal mit denselben Phasenstörungen beaufschlagt, mit denen das modulierte Signal beaufschlagt wird. Da der PLL-Chip 42 das Fehlersignal erzeugt, das den Lokaloszillator abstimmt, indem die Phasendifferenz zwischen dem Pilotsignal und dem Referenzsignal erfaßt wird, wird auch das Lokaloszillatorsignal mit den Phasenstörungen beaufschlagt. Da der Lokaloszillator mit den Störungen beaufschlagt wird, werden die Phasenstörungen des modulierten Signals um einen Faktor von etwa 60 reduziert.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel umfaßt den Pilotsignalgenerator, der die zwei Pilotsignale erzeugt. Die zwei Pilotsignale sind mit dem zweiten Niederfrequenzreferenzoszillator 64 phasenverriegelt. Die zwei Pilotsignale werden in der Basisstation 2 in das modulierte Signal eingekoppelt, bevor das modulierte Signal frequenzmäßig aufwärts gemischt und zu der Teilnehmereinheit 4 übertragen wird. Die Frequenzdifferenz zwischen den zwei Pilottonen ist ein Vielfaches oder ein Bruchteil der Frequenz des zweiten Niederfre-

quenzreferenzoszillators 64.

Die Teilnehmereinheit 4 empfängt das modulierte Signal und die zwei Pilotsignale von der Basisstation 2. Das modulierte Signal und die zwei Pilotsignale werden frequenzmäßig abwärts gemischt, indem das modulierte Signal und die zwei Pilotsignale mit dem Lokaloszillator gemischt werden, wodurch ein modulierte Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird. Das Bandpaßfilter 70 empfängt das modulierte Zwischensignal. Der Durchlaßbereich des Bandpaßfilters 70 ist derart zentriert, um zu ermöglichen, daß die zwei Pilotsignale zu dem Ausgang des Bandpaßfilters 70 durchgelassen werden.

Der Ausgang des Bandpaßfilters ist mit einer Referenzrückgewinnungsschaltung 72 gekoppelt. Die Referenzrückgewinnungsschaltung 72 erzeugt ein Referenzsignal, indem die Frequenzdifferenz zwischen den zwei Pilotsignalen erfaßt wird. Die Referenzrückgewinnungsschaltungsanordnung, welche ein nichtlineares Element, wie z. B. eine Diode, umfaßt, erzeugt das Referenzsignal mit einer Frequenz, die gleich der Differenz zwischen den Frequenzen der zwei Pilotsignale ist.

Der PLL-Chip 48 erzeugt ein Fehlersignal, das zu der Phasendifferenz zwischen dem Referenzsignal, das von der Referenzrückgewinnungsschaltung 72 erzeugt wird, und einem der zwei Pilotsignale proportional ist. Die Phase des Referenzsignals wird durch die Übertragung des modulierten Signals zwischen der Basisstation und der Teilnehmereinheit nicht beeinflußt. Beide Pilotsignale erfahren während der Übertragung der Signale dieselben Phasenstörungen. Folglich bleibt die Phasen- und Frequenzdifferenz der zwei Pilotsignale konstant. Das Fehlersignal ist jedoch zu der Phasendifferenz zwischen dem Referenzsignal und einem der Pilotsignale proportional. Folglich wird die Amplitude des Fehlersignals durch die Phasenstörungen der Pilotsignale während der Übertragung beeinflußt. Das Fehlersignal stimmt den Lokaloszillator 68 ab.

Wie es im vorhergehenden erwähnt wurde, beaufsichtigen die Lokaloszillatoren in der Basisstation und der Teilnehmereinheit die modulierten Signale ferner mit einer Phasenrauschverschlechterung. Die Pilottöne werden auch mit der Phasenrauschverschlechterung beaufschlagt. Folglich beeinflußt diese Verschlechterung auch die Amplitude des Fehlersignals, wobei diese Verschlechterung korrigiert wird.

Der Lokaloszillator 68 der Teilnehmereinheit ist mit dem zweiten Niederfrequenzreferenzoszillator 64 phasenkohärent. Im allgemeinen ist der Lokaloszillator in der Basisstation mit dem zweiten Niederfrequenzreferenzoszillator 64 phasenverriegelt. Folglich sind die Lokaloszillatoren sowohl in der Basisstation 2 als auch in der Teilnehmereinheit 4 phasenkohärent.

Patentansprüche

1. LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung mit:
einer Referenzquelle (42), die ein stabiles Niederfrequenzreferenzsignal erzeugt;
einem Send-Empfangs-Oszillator (32), der ein Send-Empfangs-Treibersignal erzeugt;
einem Empfangsmischer (30), wobei der Empfangsmischer (30) ein empfangenes modulierte Signal mit einer Harmonischen des Send-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein Zwischenfrequenzempfangssignal zu erzeugen;
einem Zwischensendeoszillator (38), der ein Zwischensendeoszillatorsignal erzeugt, wobei der Zwischensendeoszillator (38) mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenverriegelt ist;
einem Zwischensendemischer (34), wobei der Zwi-

schensendemischer (34) ein modulierte Sendesignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Zwischensendesignal zu erzeugen;

einem Abschlußendemischer (40), wobei der Abschlußendemischer (40) das Zwischensendesignal mit einer Harmonischen des Send-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein Ausgangssendesignal zu erzeugen;

einem Send-Empfangs-Treibermischer (44), wobei der Send-Empfangs-Treibermischer (44) das Send-Empfangs-Treibersignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Zwischenphasenerfassungssignal zu erzeugen; und
einer Einrichtung (48) zur Phasenverriegelung des Zwischenphasenerfassungssignals mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal.

2. Send-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Einrichtung (48) zur Phasenverriegelung des Zwischenphasenerfassungssignal mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal folgende Merkmale aufweist:

einen Phasendetektor, der proportional zu der Phasendifferenz zwischen dem Zwischenphasenerfassungssignal und dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal ein Fehlersignal erzeugt; und

eine Einrichtung zum Abstimmen des Send-Empfangs-Oszillators (32), um das Fehlersignal zu minimieren.

3. Send-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Referenzquelle (42) folgendes Merkmal aufweist:

eine Einrichtung (72) zur Rückgewinnung von Dualpilottönen aus dem Zwischenfrequenzempfangssignal, wobei die Frequenzdifferenz zwischen den Dualpilottönen die Frequenz des stabilen Niederfrequenzreferenzsignals bestimmt.

4. LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung mit folgenden Merkmalen:

einer Referenzquelle (42), die ein stabiles Niederfrequenzreferenzsignal erzeugt;

einem Zwischensendeoszillator (38), der ein Zwischensendeoszillatorsignal erzeugt, wobei der Zwischensendeoszillator (38) mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenverriegelt ist;

einem Send-Empfangs-Oszillator (32), der ein Send-Empfangs-Oszillatorsignal erzeugt;

einem Send-Empfangs-Treibermischer (44), wobei der Send-Empfangs-Treibermischer (44) das Send-Empfangs-Oszillatorsignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Send-Empfangs-Treibersignal und ein Zwischenphasenerfassungssignal zu erzeugen;

einem Zwischensendemischer (34), wobei der Zwischensendemischer (34) ein modulierte Sendesignal mit einer Harmonischen des Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Zwischensendesignal zu erzeugen;

einem Abschlußendemischer (40), wobei der Abschlußendemischer (40) das Zwischensendesignal mit einer Harmonischen des Send-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein Ausgangssendesignal zu erzeugen;

einem Empfangsmischer (30), wobei der Empfangsmischer (30) das empfangene Signal mit einer Harmonischen des Send-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein empfangenes Zwischenfrequenzsignal zu erzeugen; und

einer Einrichtung (48) zur Phasenverriegelung des Zwischenphasenerfassungssignals mit der stabilen Niederfrequenzreferenzquelle.

5. Sende-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 4, bei der die Einrichtung (48) zur Phasenverriegelung des Zwischenphasenerfassungssignals mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal folgende Merkmale aufweist:

einen Phasendetektor, der proportional zu der Phasendifferenz zwischen dem Zwischenphasenerfassungssignal und dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal ein Fehlersignal erzeugt; und

eine Einrichtung zum Abstimmen des Sende-Empfangs-Oszillators (32), um das Fehlersignal zu minimieren.

6. Sende-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 4, bei der die Referenzquelle (42) folgendes Merkmal aufweist:

eine Einrichtung (72) zur Rückgewinnung von Dualpilottönen aus dem Zwischenfrequenzempfangssignal, wobei die Frequenzdifferenz zwischen den Dualpilottönen die Frequenz des stabilen Niederfrequenzreferenzsignals bestimmt.

7. LMDS-Sende-Empfangs-Vorrichtung mit folgenden Merkmalen:

einer Referenzquelle (42), die ein stabiles Niederfrequenzreferenzsignal erzeugt;

einem Zwischensendeoszillator (38), der ein erstes Zwischensendeoszillatorsignal erzeugt, wobei der erste Zwischensendeoszillator (38) mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenverriegelt ist;

einem Zwischenfrequenzoszillator (56), der ein zweites Zwischensendeoszillatorsignal erzeugt, wobei der Zwischenfrequenzoszillator (56) mit dem stabilen Niederfrequenzreferenzsignal phasenverriegelt ist;

einem Sende-Empfangs-Treibermischer (44), wobei der Sende-Empfangs-Treibermischer (44) eine Harmonische des ersten Zwischensendeoszillatorsignals mit einer Harmonischen des zweiten Zwischensendeoszillatorsignals mischt, um ein Sende-Empfangs-Treibersignal zu erzeugen;

einem Zwischensendemischer (34), wobei der Zwischensendemischer (34) ein modulierte Sendesignal mit einer Harmonischen des ersten Zwischenoszillatorsignals mischt, wodurch ein Zwischensendesignal erzeugt wird;

einem Abschlußsendemischer (40), wobei der Abschlußsendemischer (40) das Zwischensendesignal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein Ausgangssendesignal zu erzeugen; und

einem Empfangsmischer (30), wobei der Empfangsmischer (30) ein empfangenes Signal mit einer Harmonischen des Sende-Empfangs-Treibersignals mischt, um ein empfangenes Zwischenfrequenzsignal zu erzeugen.

8. Sende-Empfangs-Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Referenzquelle (42) folgendes Merkmal aufweist:

eine Einrichtung (72) zur Rückgewinnung von Dualpilottönen aus dem empfangenen Zwischenfrequenzsignal, wobei die Frequenzdifferenz zwischen den Dualpilottönen die Frequenz des stabilen Niederfrequenzreferenzsignals bestimmt.

9. LMDS-System mit folgenden Merkmalen: einer Basisstationsendeceinrichtung (2) mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Erzeugen eines modulierten Signals;

einem ersten Referenzoszillator, der ein erstes Referenzsignal erzeugt; und

einer Einrichtung zum Koppeln von Dualpilottönen auf das modulierte Signal, wobei die Dualpilottöne jeweils mit dem ersten Referenzsignal phasenverriegelt sind und die Frequenzdifferenz zwischen den Dualpilottönen ein Vielfaches der Frequenz des ersten Referenzsignals ist;

einer Teilnehmereinheit (4) mit folgenden Merkmalen: einem Lokaloszillator (68), der ein Lokaloszillatorsignal erzeugt;

einer Einrichtung (66) zum Mischen des Lokaloszillatorsignals mit dem modulierten Signal, wodurch ein modulierte Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird;

einem Referenzfilter (70) zum Filtern des modulierten Zwischenfrequenzsignals, wodurch ein Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird, wobei das Zwischenfrequenzsignal die Dualpilottöne aufweist;

einer Einrichtung (42) zum Erzeugen eines zweiten Referenzsignals durch Erfassen der Frequenzdifferenz zwischen den Dualpilottönen;

einer Einrichtung (48) zum Erzeugen eines Fehlersignals proportional zu der Phasendifferenz zwischen einem der Pilottöne in dem Zwischenfrequenzsignal und dem Referenzsignal; und

einer Einrichtung (48) zum Abstimmen der Frequenz des Lokaloszillators, um das Fehlersignal zu minimieren.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

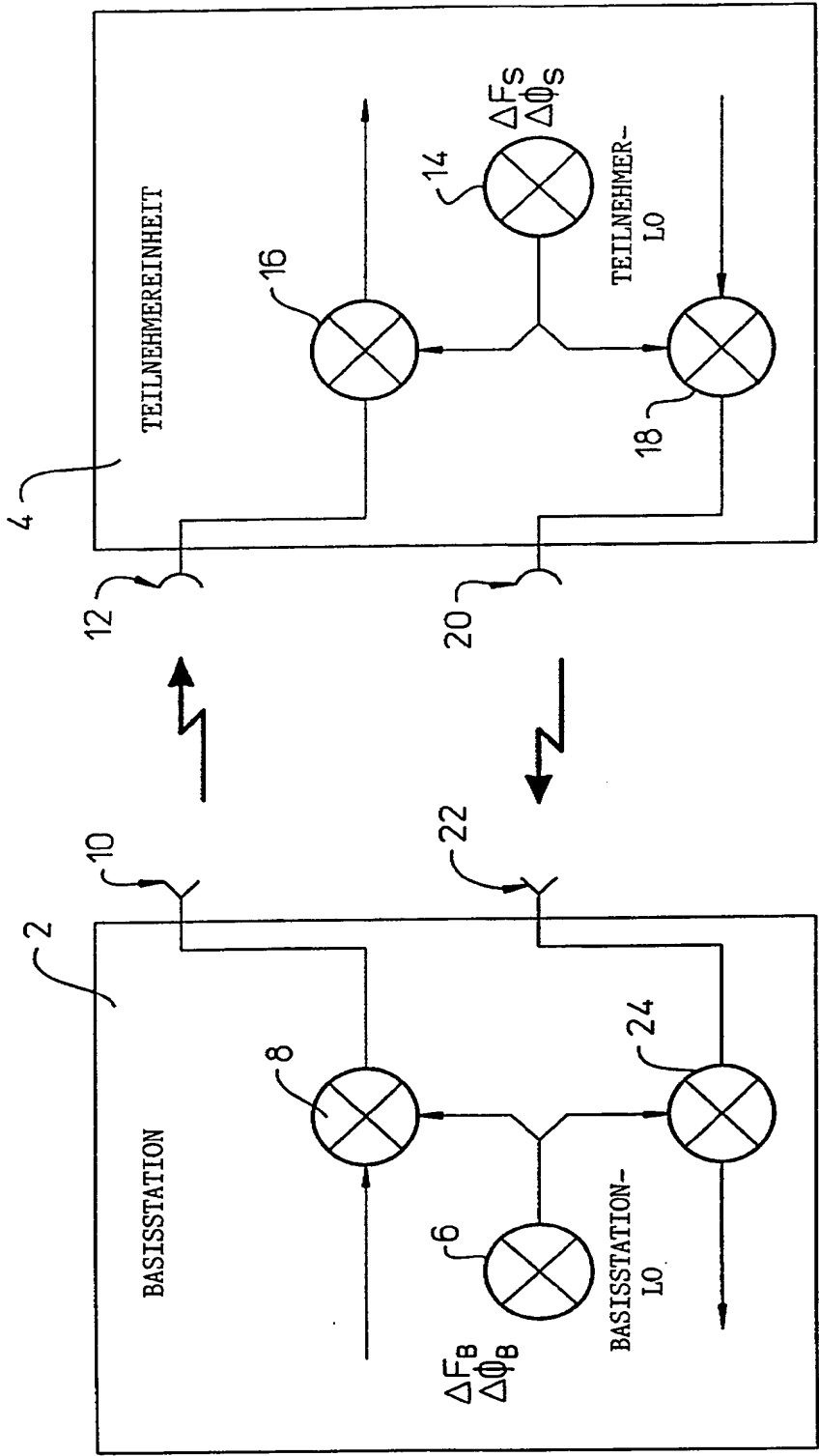


FIG. 1 (STAND DER TECHNIK)

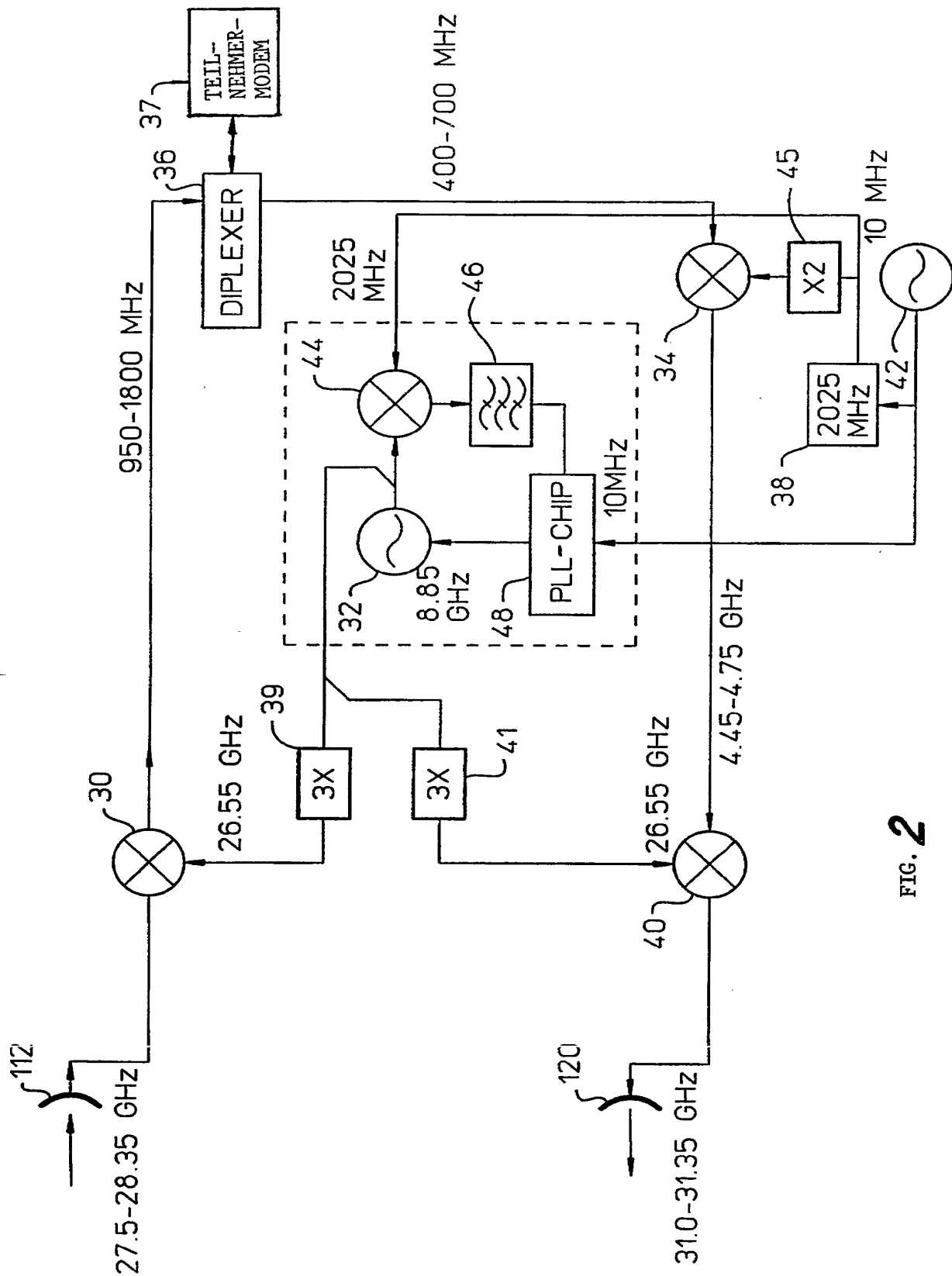


FIG. 2

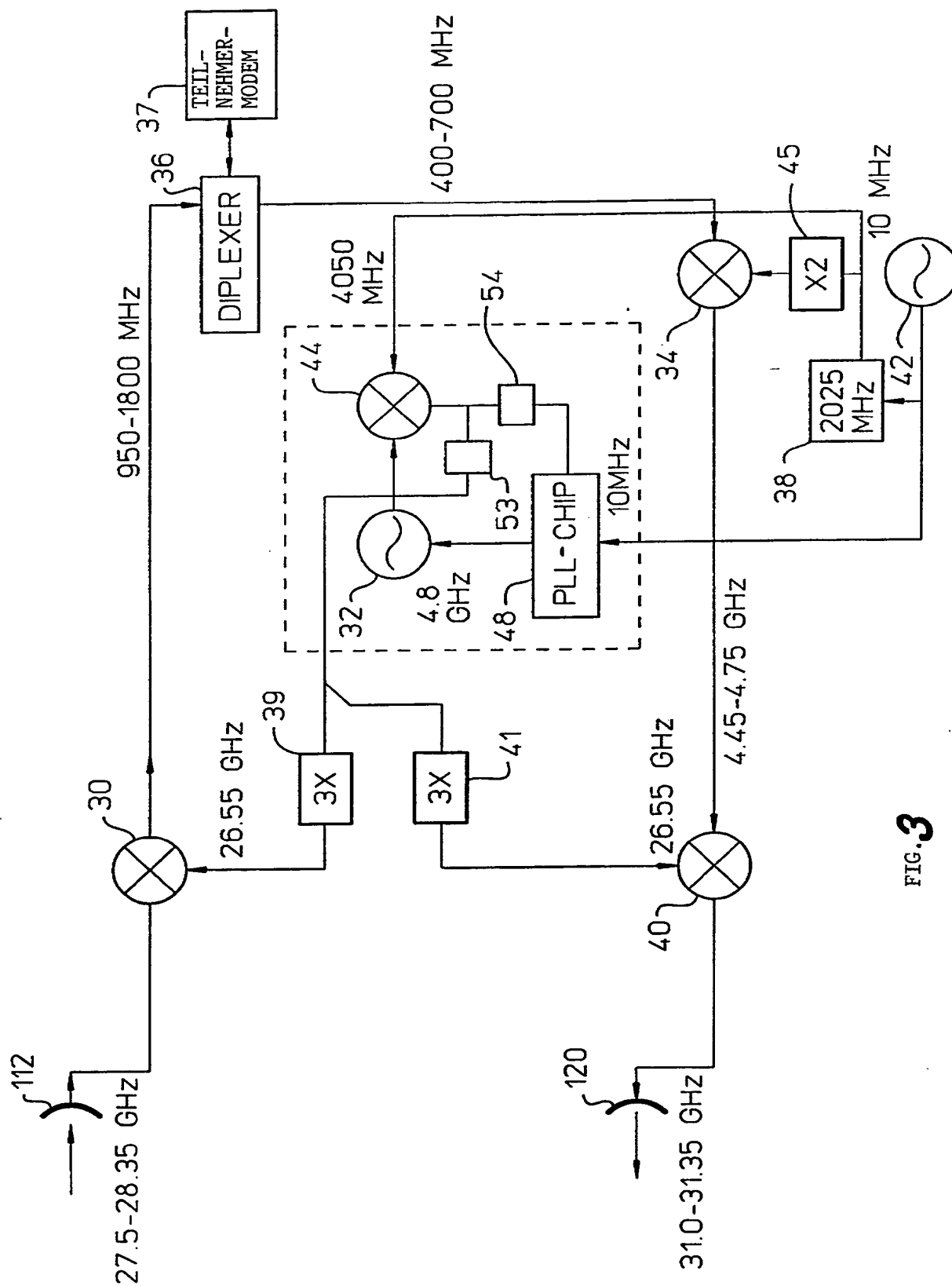


FIG. 3

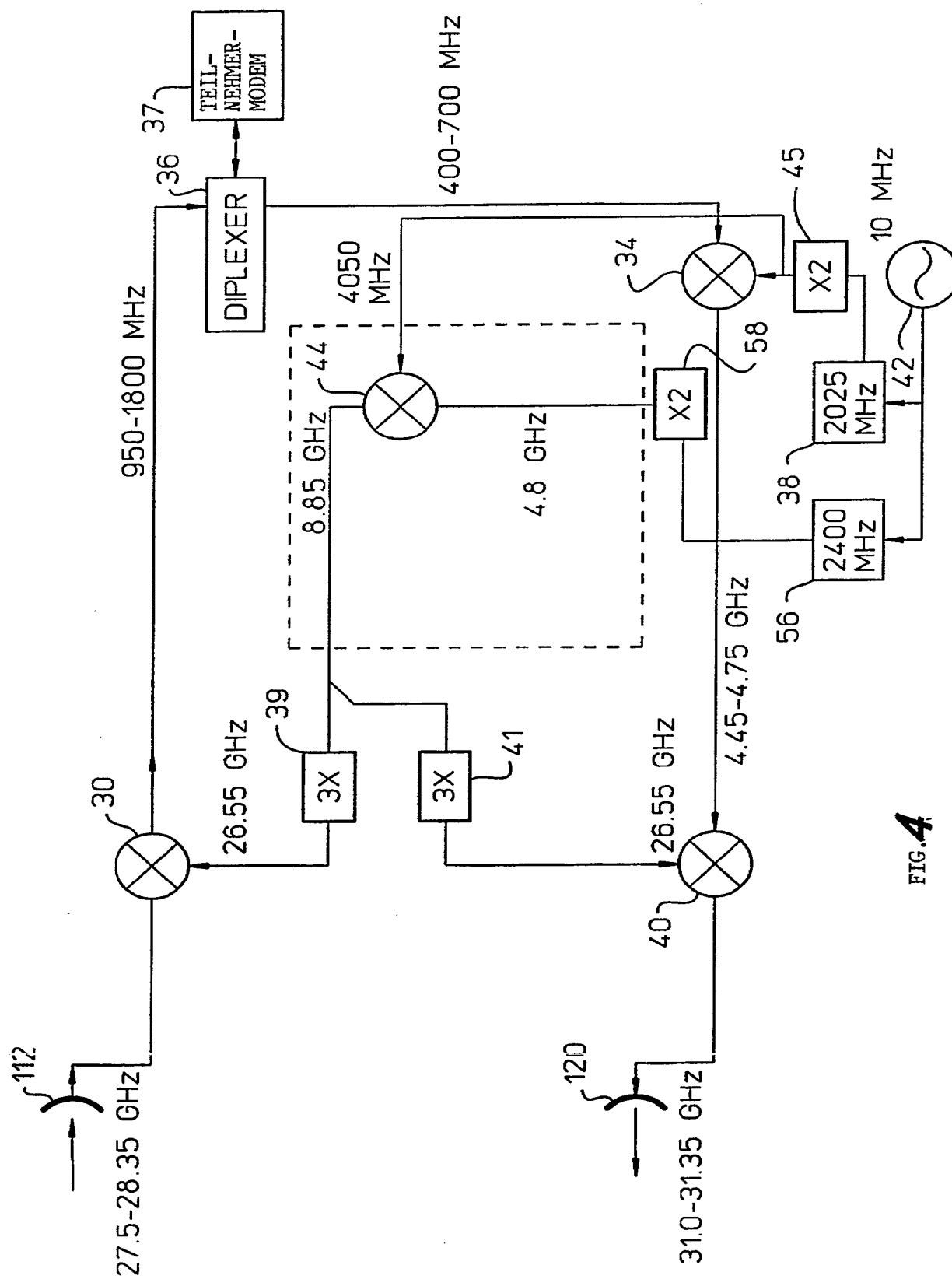


FIG. 4

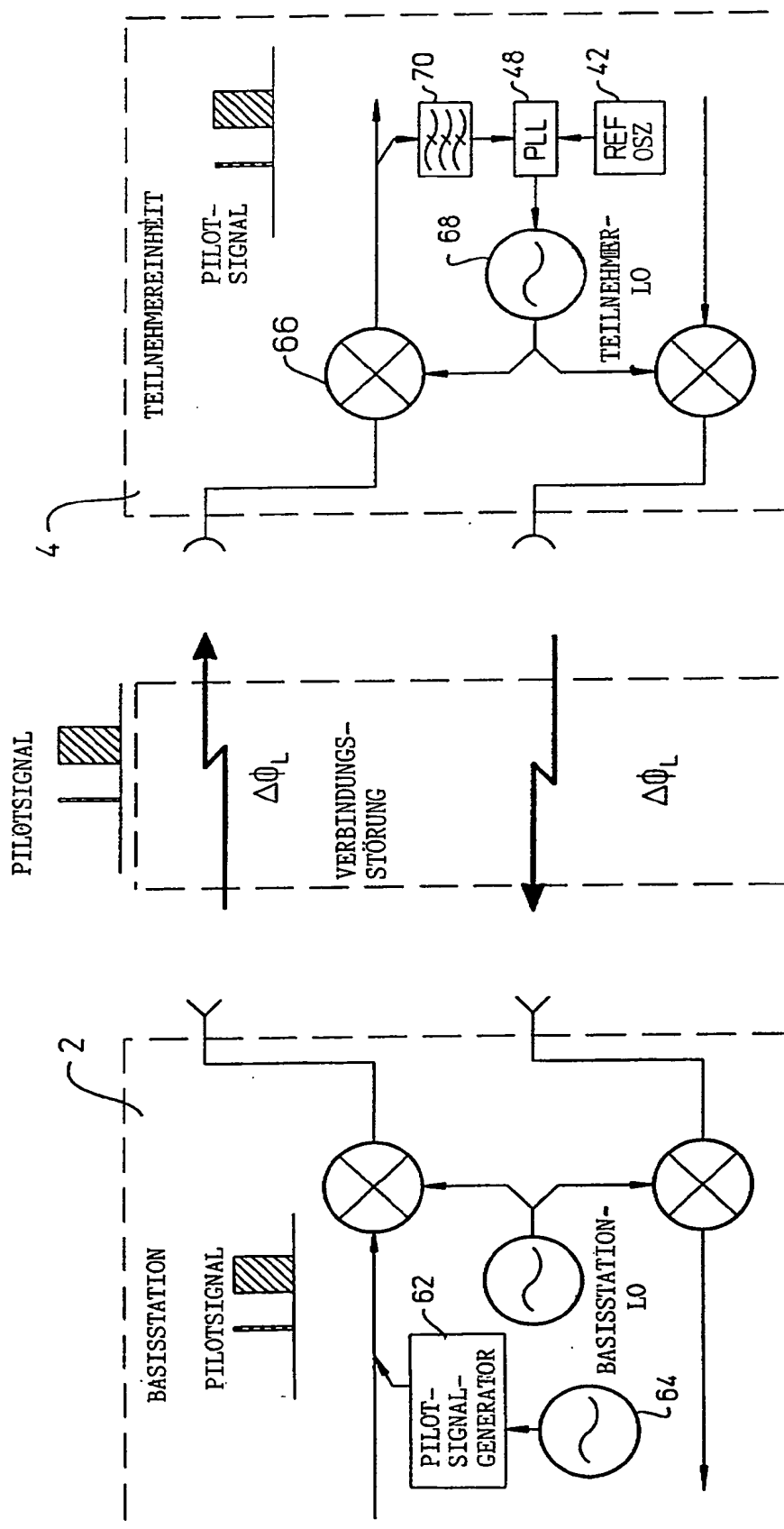


FIG. 5

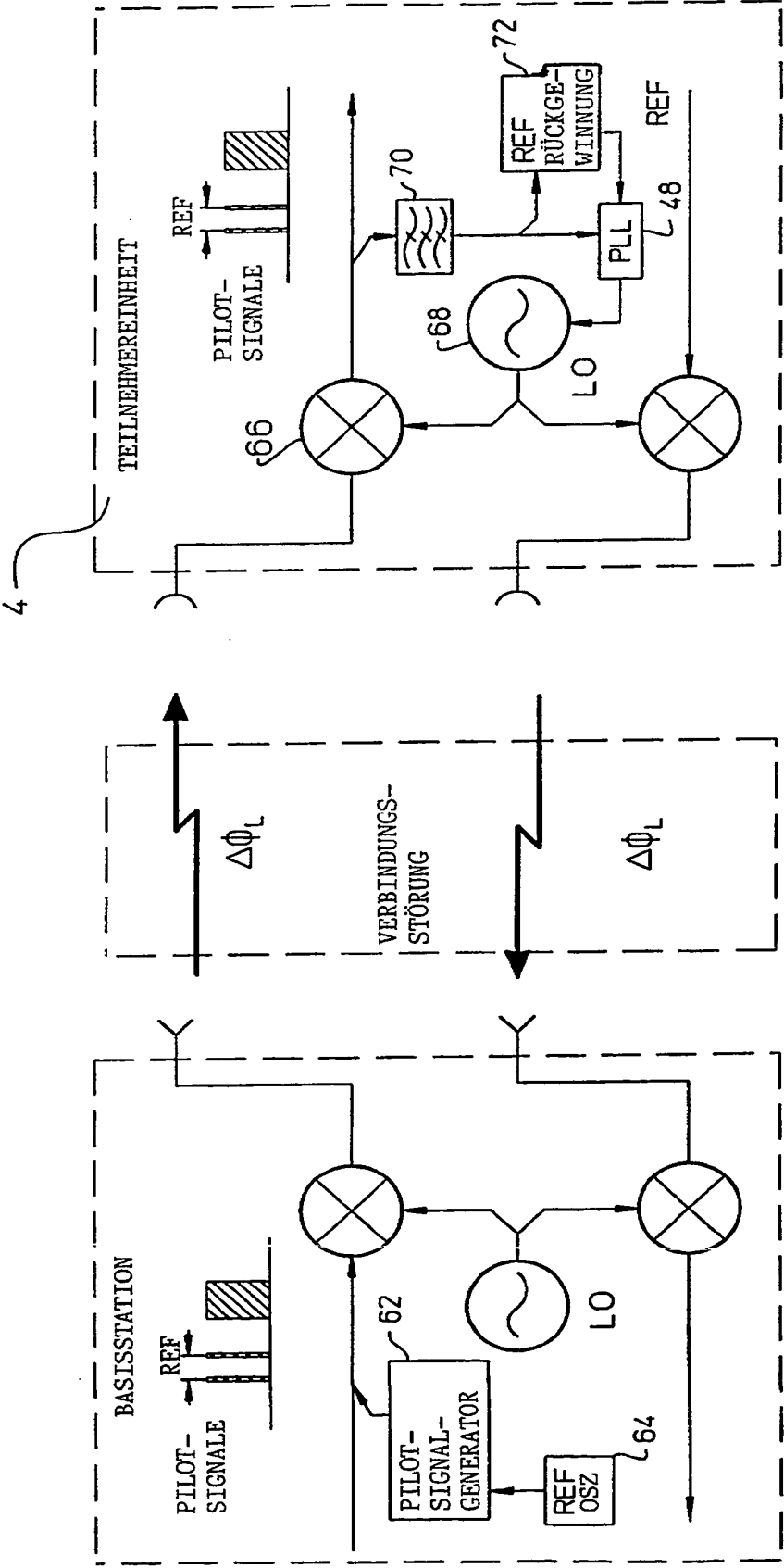


FIG. 6